



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115090409 A

(43) 申请公布日 2022. 09. 23

(21) 申请号 202210687338.3

(22) 申请日 2022.06.16

(71) 申请人 中化地质矿山总局地质研究院  
地址 100101 北京市朝阳区小营路19号财  
富嘉园B座

(72) 发明人 李艳 丁晓姜 张岩 商朋强  
童晓蕾 顾强 魏祥松 金涛  
刘浩然 王毅 吴艳妮 黄友良  
姬云波 权越胜 黄雷鸣 周友连

(74) 专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限  
公司 11002  
专利代理师 刘璞

(51) Int.Cl.  
B03B 7/00 (2006.01)

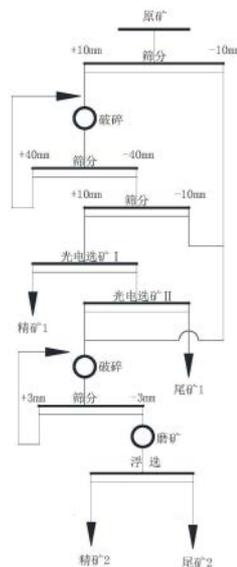
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

## (54) 发明名称

一种萤石矿的选矿方法

## (57) 摘要

本发明提供一种萤石矿的选矿方法,包括以下步骤:(1)将萤石矿原矿破碎、筛分;(2)将步骤(1)筛分得到的10~40mm的矿石加入光电选矿机进行一次光电选矿,得到第一萤石精矿和第一光电选矿尾矿;(3)将所述第一光电选矿尾矿加入光电选矿机进行一次光电选矿,得到第二光电选矿精矿;(4)将所述第二光电选矿精矿和步骤(1)筛分得到的<10mm的矿石混合后破碎、筛分;(5)将步骤(4)筛分得到的<3mm的矿石加入磨机中进行磨矿;(6)将所述磨矿产品给入浮选作业,得到第二萤石精矿。该萤石矿的选矿方法,不仅有效的降低萤石精矿加工成本,同时节约萤石资源,提高选矿回收率,利于环境保护。



1. 一种萤石矿的选矿方法,其特征在于,包括以下步骤:
  - (1) 将萤石矿原矿破碎、筛分;
  - (2) 将步骤(1)筛分得到的10~40mm的矿石加入光电选矿机进行一次光电选矿,得到第一萤石精矿和第一光电选矿尾矿;
  - (3) 将所述第一光电选矿尾矿加入光电选矿机进行一次光电选矿,得到第二光电选矿精矿和第二光电选矿尾矿;
  - (4) 将所述第二光电选矿精矿和步骤(1)筛分得到的<10mm的矿石混合后破碎、筛分;
  - (5) 将步骤(4)筛分得到的<3mm的矿石加入磨机中进行磨矿;
  - (6) 将所述磨矿产品给入由至少一次萤石粗选、至少一次萤石精选和至少一次萤石扫选构成的浮选作业,得到第二萤石精矿。
2. 根据权利要求1所述的萤石矿的选矿方法,其特征在于,所述步骤(1)中,经破碎、筛分后得到>40mm的矿石再次破碎。
3. 根据权利要求1或2所述的萤石矿的选矿方法,其特征在于,任意所述光电选矿的具体步骤包括:使用多能谱X光全粒度扫描矿石,采集矿石的X光衰减信息,建立多能谱矿石识别模型,然后通过多物质分解计算对矿石中物质成分和含量进行判断,通过设定分选阈值识别萤石矿石和脉石矿物,从而实现萤石精矿和尾矿的分离。
4. 根据权利要求1-3任一项所述的萤石矿的选矿方法,其特征在于,所述步骤(4)中,经破碎、筛分后得到>3mm的矿石再次破碎。
5. 根据权利要求1-4任一项所述的萤石矿的选矿方法,其特征在于,步骤(5)中,所述磨矿是指所述步骤(4)筛分得到的<3mm的矿石磨至细度-0.076mm占70~76%。
6. 根据权利要求1-5任一项所述的萤石矿的选矿方法,其特征在于,步骤(6)中,将所述磨矿产品经1~2次萤石粗选得到萤石粗选精矿和萤石粗选尾矿,将所述萤石粗选精矿经1~6次萤石精选得到所述第二萤石精矿,将所述第二粗选尾矿经1~3次萤石扫选得到萤石扫选尾矿,其中,任一所述萤石精选的中矿返回第1次萤石粗选,任一所述萤石扫选的中矿返回第1次萤石粗选。
7. 根据权利要求1-6任一项所述的萤石矿的选矿方法,其特征在于,步骤(6)中,所述萤石粗选为加入调整剂、第一抑制剂和第一捕收剂搅拌一段时间进行捕收;  
和/或,所述萤石精选为加入第二抑制剂搅拌一段时间进行捕收;  
和/或,所述萤石扫选为加入第三抑制剂和第三捕收剂搅拌一段时间进行捕收。
8. 根据权利要求7所述的萤石矿的选矿方法,其特征在于,所述萤石粗选中,所述第一抑制剂为水玻璃和酸性水玻璃的组合,优选的,所述酸性水玻璃为硫酸和水玻璃按照质量比1:0.9~1.1混合所得的混合物,所述硫酸的浓度为5~10wt%。
9. 根据权利要求7或8所述的萤石矿的选矿方法,其特征在于,任一所述萤石粗选中,所述调节剂为130~2000g/t的碳酸钠,所述第一抑制剂为500~600g/t的水玻璃与1200~2000g/t的酸性水玻璃的组合,所述第一捕收剂为400~500g/t的油酸;  
和/或,任一所述萤石精选中,所述第二抑制剂为100~400g/t的酸性水玻璃;  
和/或,任一所述萤石扫选中,所述第三抑制剂为0~200g/t的酸性水玻璃,所述第三捕收剂为0~100g/t的油酸。
10. 根据权利要求1-9任一项所述的萤石矿的选矿方法,其特征在于,步骤(4)中,将所

述第一萤石精矿、所述第二光电选矿精矿和步骤(1)筛分得到的 $<10\text{mm}$ 的矿石混合后破碎、筛分。

## 一种萤石矿的选矿方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及选矿技术领域,具体涉及一种萤石矿的选矿方法。

### 背景技术

[0002] 我国萤石资源主要用于化工、冶金和建材等行业,但随着科学技术的发展,萤石逐渐从传统的冶金工业转变为一些高新技术产业氟化工产品氢氟酸的原料。它是制取氢氟酸最经济、最关键的矿物原料,目前,世界萤石产量的一半以上用于制取氢氟酸。目前,萤石矿选矿方法主要为浮选,手选和重选。

[0003] 手选一般用于萤石与脉石界限清楚、易于肉眼鉴别的萤石块矿,一般作为其他选别方法的辅助手段。重选主要集中在重介质旋流器对萤石进行预选,通过重介质预选的方法抛掉大部分脉石,减少对后续磨矿作业的影响。作为氟化工产品氢氟酸的原料,对萤石精矿质量要求高,因萤石原矿的贫化,萤石与脉石相互嵌布粒度细,需要通过磨矿工艺才能达到单体解离,浮选是对细粒矿石最有效的选矿方法,也是目前萤石矿的主要选矿方法。

[0004] CN111250257A“一种重晶石萤石矿石的分选系统及工艺”中介绍,该系统包括破碎、光电选矿、重介质选矿和循环子系统,利用矿石清晰的颜色界限及比重差异,通过光电和重介质选矿子系统配合使用,获得极佳分选效果。

[0005] CN111298956B“一种富含方解石的低品位萤石重晶石共生矿的分离方法”包括破碎、分级、跳汰和浮选工艺,可以获得优质级萤石精矿和重晶石精矿。

[0006] 针对萤石浮选方法和浮选药剂,我国很多研究工作者进行了大量的研究,主要工艺流程为破碎-磨矿-浮选。萤石矿通过破碎-磨矿后,在浮选过程中添加调整剂,抑制剂和捕收剂等药剂,采用一次粗选多段精选浮选工艺流程,可以获得高品质的磷精矿,针对不同的矿石性质,精矿回收率有所不同。

[0007] “一种重晶石萤石矿石的分选系统及工艺”,该方法是通过萤石颜色和比重差异进行分选,分选条件比较严格。同时,需要结合重介质分选技术获得块矿分选效果。

[0008] “一种富含方解石的低品位萤石重晶石共生矿的分离方法”,该方法采用重选跳汰进行分选,跳汰选矿也是根据矿石之间的密度差进行分选,一般入选粒度在20mm以下,处理量相对低,分选过程需要消耗水和电,相应需要增加脱水设备和后续的细泥处理设备。

[0009] 萤石浮选,磨矿细度要求高,浮选药剂消耗,水电消耗较大,单一浮选工艺浮选成本较高,尤其针对低品位萤石,会产生技术合理,效益不可行的情况。

[0010] 张弘伟硕士学位论文(TD97)《承德平泉地区萤石矿选矿研究》中介绍了浮选萤石技术。承德市平泉地区萤石矿属角砾石英岩,主要成分为萤石、石英和碳酸钙,其中碳酸钙含量较高,属难选萤石矿。要使萤石和碳酸钙达到有效分离,抑制剂须使用酸性水玻璃。通过试验确定的最佳工艺条件和药剂制度为:磨矿细度-0.074mm粒级占70%,捕收剂油酸钠用量500g/t,抑制剂改性水玻璃GS-25用量2000g/t,pH值调整剂碳酸钠用量1500g/t。通过一次粗选、七次精选、一次扫选的闭路流程浮选试验得到了指标为CaF<sub>2</sub>品位97.25%、产率22.46%,回收率81.58%的精矿产品。由于浮选过程中加入了水玻璃,尾矿沉降比较困难,

浮选尾矿需要18h才能沉降完全,需加入絮凝剂聚丙烯酰胺,加入量为150g/t。加入絮凝剂后,尾矿在2min内可沉降完全。

### 发明内容

[0011] 基于目前萤石矿石开采品位越来越低,采用光电选矿技术应用于萤石矿选矿,既可以精准、高效分离萤石矿和脉石矿物,直接获得冶炼用萤石块矿,也可以联合浮选工艺,获得制酸用萤石精矿。

[0012] 本发明的目的是提供一种萤石矿的选矿方法,不仅有效的降低萤石精矿加工成本,同时节约萤石资源,提高选矿回收率,利于环境保护。

[0013] 为实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0014] 一种萤石矿的选矿方法,包括以下步骤:

[0015] (1) 将萤石矿原矿破碎、筛分;

[0016] (2) 将步骤(1)筛分得到的10~40mm的矿石加入光电选矿机进行一次光电选矿,得到第一萤石精矿和第一光电选矿尾矿;

[0017] (3) 将所述第一光电选矿尾矿加入光电选矿机进行一次光电选矿,得到第二光电选矿精矿和第二光电选矿尾矿;

[0018] (4) 将所述第二光电选矿精矿和步骤(1)筛分得到的<10mm的矿石混合后破碎、筛分;

[0019] (5) 将步骤(4)筛分得到的<3mm的矿石加入磨机中进行磨矿;

[0020] (6) 将所述磨矿产品给入由至少一次萤石粗选、至少一次萤石精选和至少一次萤石扫选构成的浮选作业,得到第二萤石精矿。

[0021] 本发明所述两次光电选矿+浮选联合的选矿工艺,主要针对中低品位萤石选矿工艺,其萤石品位 $\text{CaF}_2$  30%以上,可同时获得冶炼用萤石精矿和制酸用萤石精矿,实现该类型萤石矿的综合利用。具体的,第一次光电选矿,可直接获得冶炼用萤石精矿(品位 $\text{CaF}_2$  65%以上)。第二次光电选矿所用原料矿石为第一次光电选矿尾矿,该作业既可以实现固废综合利用,节约萤石资源,提高选矿回收率,同时,通过预先抛除尾矿,又可以提高下一步浮选入选品位,降低浮选作业加工成本。经过第二次光电选矿工艺所得精矿与-10mm筛下产品混合进入浮选,通过破碎-磨矿-浮选工艺,最终可以获得97%以上的制酸用高质量萤石精矿产品。

[0022] 优选的,上述的萤石矿的选矿方法中,所述步骤(1)中,经破碎、筛分后得到>40mm的矿石再次破碎。

[0023] 上述的萤石矿的选矿方法中,本发明任意所述光电选矿的步骤为常规步骤,包括:使用多能谱X光全粒度扫描矿石,采集矿石的X光衰减信息,建立多能谱矿石识别模型,然后通过多物质分解计算对矿石中物质成分和含量进行判断,通过设定分选阈值识别萤石矿石和脉石矿物。依据识别结果对矿石进行自动分离,所有矿石以抛物线方式在空中运动进入相对固定的区域。在此过程中,通过高压气喷实现矿石的自动分离,具体方式为通过控制气体爆发式喷射时的喷射有效面积和强度,可以确保精准打击空中运动中的标定对象,使得被打击对象落入计算好的其他区域。通过对脉石矿物识别并对其进行精准定位,当脉石矿物通过分离区域时,对其进行气喷,改变其运行轨迹,使得其落入与矿石不同的区域,从而

实现萤石精矿和尾矿的分离。

[0024] 优选的,上述的萤石矿的选矿方法中,所述步骤(4)中,经破碎、筛分后得到 $>3\text{mm}$ 的矿石再次破碎。

[0025] 优选的,上述的萤石矿的选矿方法中,步骤(5)中,所述磨矿是指所述步骤(4)筛分得到的 $<3\text{mm}$ 的矿石磨至细度 $-0.076\text{mm}$ 占 $70\sim 76\%$ 。

[0026] 上述的萤石矿的选矿方法中,步骤(6)中,将所述磨矿产品经萤石粗选得到萤石粗选精矿和萤石粗选尾矿,将所述萤石粗选精矿经萤石精选得到所述第二萤石精矿,将所述第二粗选尾矿经萤石扫选得到萤石扫选尾矿。

[0027] 优选的,上述的萤石矿的选矿方法中,步骤(6)中,将所述磨矿产品经 $1\sim 2$ 次萤石粗选得到萤石粗选精矿和萤石粗选尾矿,将所述萤石粗选精矿经 $1\sim 6$ 次萤石精选得到所述第二萤石精矿,将所述第二粗选尾矿经 $1\sim 3$ 次萤石扫选得到萤石扫选尾矿,其中,任一所述萤石精选的中矿返回第1次萤石粗选,任一所述萤石扫选的中矿返回第1次萤石粗选。

[0028] 优选的,上述的萤石矿的选矿方法中,步骤(6)中,所述萤石粗选为加入调整剂、第一抑制剂和第一捕收剂搅拌一段时间进行捕收;

[0029] 和/或,所述萤石精选为加入第二抑制剂搅拌一段时间进行捕收;

[0030] 和/或,所述萤石扫选为加入第三抑制剂和第三捕收剂搅拌一段时间进行捕收。

[0031] 进一步优选的,所述萤石粗选中,所述第一抑制剂为水玻璃和酸性水玻璃的组合,优选的,所述酸性水玻璃为硫酸和水玻璃按照质量比 $1:0.9\sim 1.1$ 混合所得的混合物,所述硫酸的浓度为 $5\sim 10\text{wt}\%$ 。

[0032] 进一步优选的,任一所述萤石粗选中,所述调节剂为 $130\sim 2000\text{g/t}$ 的碳酸钠,所述第一抑制剂为 $500\sim 600\text{g/t}$ 的水玻璃与 $1200\sim 2000\text{g/t}$ 的酸性水玻璃的组合,所述第一捕收剂为 $400\sim 500\text{g/t}$ 的油酸;

[0033] 和/或,任一所述萤石精选中,所述第二抑制剂为 $100\sim 400\text{g/t}$ 的酸性水玻璃;

[0034] 和/或,任一所述萤石扫选中,所述第三抑制剂为 $0\sim 200\text{g/t}$ 的酸性水玻璃,所述第三捕收剂为 $0\sim 100\text{g/t}$ 的油酸。

[0035] 本发明在萤石粗选阶段同时添加水玻璃和酸性水玻璃两种抑制剂,通过控制水玻璃和酸性水玻璃的用量,既能有效抑制精矿中 $\text{SiO}_2$ 含量,又能防止碱性抑制剂水玻璃和酸性水玻璃因PH值的差异而扰乱矿浆酸碱值的稳定,破坏浮选作业。

[0036] 优选的,上述的萤石矿的选矿方法中,步骤(4)中,将所述第一萤石精矿、所述第二光电选矿精矿和步骤(1)筛分得到的 $<10\text{mm}$ 的矿石混合后破碎、筛分。可根据下游产业对萤石精矿的需求,选择将第一萤石精矿(冶炼用萤石块精矿)加入步骤(4)中混合进入下一步浮选,从而获得制酸用高质量萤石精矿。

[0037] 本发明所取得的有益效果:

[0038] 本发明提供的萤石矿的选矿方法,不仅有效的降低萤石精矿加工成本,同时节约萤石资源,提高选矿回收率,利于环境保护。

## 附图说明

[0039] 图1为本发明选矿方法的工艺流程图。

## 具体实施方式

[0040] 以下结合具体实施例对本发明作进一步详细说明,但不用来限制本发明的范围。

[0041] 实施例中未注明具体试验步骤或者条件者,按照本领域内的文献所描述的常规实验步骤的操作或条件进行。所用试剂和仪器没有注明生产厂商者,均可以通过市场购买获得

[0042] 实施例1

[0043] 本实施例以河北省平泉县前山的萤石矿为对象,原矿含 $\text{CaF}_2$  32.35%。

[0044] 如图1所示,一种萤石矿的选矿方法,具体步骤如下:

[0045] (1) 将萤石矿原矿破碎至40mm后筛分;筛分过程中,原矿经破碎、筛分后得到 $>40\text{mm}$ 的矿石再次破碎。筛上(+10mm)产品产率为85.00%,品位 $\text{CaF}_2$  32.60%,筛下(-10mm)产品产率为15.00%,品位 $\text{CaF}_2$  37.72%。

[0046] (2) 将步骤(1)筛上(+10mm)产品加入光电选矿机(XNDT-104光电分选机)进行一次光电选矿,使用多能谱X光全粒度扫描矿石,采集矿石的X光衰减信息,建立多能谱矿石识别模型,然后通过多物质分解计算对矿石中物质成分和含量进行判断,通过设定分选阈值识别萤石矿石和脉石矿物,实现萤石精矿和尾矿的分离,光电分选阈值为50,从而得到第一萤石精矿(产率为18.74%,品位 $\text{CaF}_2$  65.43%,回收率37.91%)和第一光电选矿尾矿(产率为66.26%,品位 $\text{CaF}_2$  21.78%)。

[0047] (3) 将所述第一光电选矿尾矿加入光电选矿机再进行一次光电选矿,光电选矿同步步骤(2),光电分选阈值为5,从而得到第二光电选矿精矿(产率为41.09%,品位 $\text{CaF}_2$  32.41%)和第二光电选矿尾矿(即图1中尾矿1,产率为25.17%,品位 $\text{CaF}_2$  4.44%)。

[0048] (4) 将所述第二光电选矿精矿和步骤(1)筛下(-10mm)产品混合后破碎、筛分;筛分过程中,原矿经破碎、筛分后得到 $>3\text{mm}$ 的矿石再次破碎。

[0049] (5) 将步骤(4)筛分得到的 $<3\text{mm}$ 的矿石加入磨机中进行磨矿,磨至细度-0.076mm占74%。

[0050] (6) 将所述磨矿产品经1次萤石粗选得到萤石粗选精矿和萤石粗选尾矿,将所述萤石粗选精矿经6次萤石精选得到所述第二萤石精矿(即图1中精矿2),将所述萤石粗选尾矿经1次萤石扫选得到萤石扫选尾矿,其中,任一所述萤石精选的中矿返回萤石粗选,所述萤石扫选的精矿返回萤石粗选。

[0051] 具体的,萤石粗选的药剂为2000g/t的碳酸钠、600g/t的水玻璃、1600g/t的酸性水玻璃和400g/t的油酸,其中酸性水玻璃为质量比1:1的硫酸(5wt%浓度)和水玻璃的混合物;粗选中抑制剂的加入方法为,首先加入水玻璃,搅拌2min后,再加入酸性水玻璃;

[0052] 萤石扫选的药剂为200g/t的酸性水玻璃和80g/t的油酸;

[0053] 萤石精选的药剂为酸性水玻璃,第一段精选的药剂用量为400g/t,第二、三、四段精选的药剂用量均为200g/t;第五、六段精选的药剂用量均为100g/t;

[0054] 每一种药剂加入的浮选搅拌时间为2min,粗选和扫选搅拌速度为2000转/分钟,精选搅拌速度为1800转/分钟。

[0055] 实施例1所获得第二萤石精矿产率为18.48%,品位 $\text{CaF}_2$  97.33%( $\text{SiO}_2$ 含量控制在2.5%以内),回收率53.15%;萤石扫选尾矿产率为37.61%,品位 $\text{CaF}_2$  6.58%。精矿综合回收率为89.38%。(产率=精矿质量/原矿质量,回收率=精矿产率\*精矿品位/原矿品位,综

合回收率=精矿1回收率+精矿2回收率。)

[0056] 对比例1

[0057] 对比例1使用与实施例1相同的萤石矿为对象,区别仅在于,省略步骤(1)、(2)、(3),对萤石矿直接进行步骤(4)破碎、筛分、步骤(5)磨矿、步骤(6)浮选作业。

[0058] 对比例1所获得精矿产率29.12%,精矿品位 $\text{CaF}_2$  97.03%,回收率85.48%。

[0059] 浮选成本主要为磨矿钢球损耗、电耗、浮选药剂消耗和水耗等,对比例1直接浮选选矿比为3.43,通过计算对比例1萤石精矿的选矿加工成本为264.29元/吨精矿。

[0060] 光电选矿加工成本包括电费和设备维护费,根据已有光电选矿厂实际生产情况,处理一吨原矿,破碎筛分成本约0.15元,需要消耗2.16度电,合计电费约为1.56元,设备维护费约为0.33元。综合考虑,光电选矿机运行成本为2.04元/吨原矿。实施例1两次光电选矿-浮选联合工艺,第一次光电选矿获得第一萤石精矿,选矿比为4.54,加工成本约为8.85元/吨精矿;剩下的尾矿再次光电选矿,选矿比为1.61,浮选选矿比为3.03,获得第二萤石精矿,加工成本约为272.88元/吨精矿。综上,实施例1选矿加工成本平均为140.86元/吨精矿,远低于对比例1选矿加工成本。

[0061] 采用两次光电选矿+浮选联合的选矿工艺分选萤石,可以提高下一步浮选入选品位,从而增加磨浮车间的处理量,降低药剂用量、节能增效,有效的降低萤石精矿加工成本。同时,根据需要,第一次光电选矿可提前获得下游产业所需的合格产品,代替传统手选,提高生产效率和分选精确性。而第二次光电选矿作业既可以实现固废综合利用,通过预先抛除尾矿,可以将目前技术可行经济不可行的低品位萤石,堆存萤石毛料加以利用,从而节约萤石资源,提高选矿回收率,利于环境保护等。

[0062] 对比例2

[0063] 对比例2使用与实施例1相同的萤石矿为对象,区别仅在于:步骤(6)中,萤石粗选的抑制剂为600g/t的水玻璃或1600g/t的酸性水玻璃。

[0064] 当萤石粗选的抑制剂为600g/t的水玻璃时,对比例2所获得第二萤石精矿产率为16.03%,品位 $\text{CaF}_2$  95.64% ( $\text{SiO}_2$ 含量在3%以上);

[0065] 当萤石粗选的抑制剂为1600g/t的酸性水玻璃时,对比例2所获得第二萤石精矿产率为17.61%,品位 $\text{CaF}_2$  96.75% ( $\text{SiO}_2$ 含量在3%以上)。

[0066] 虽然,上文中已经用一般性说明、具体实施方式及试验,对本发明作了详尽的描述,但在本发明基础上,可以对其作一些修改或改进,这对本领域技术人员而言是显而易见的。因此,在不偏离本发明精神的基础上所做的这些修改或改进,均属于本发明要求保护的

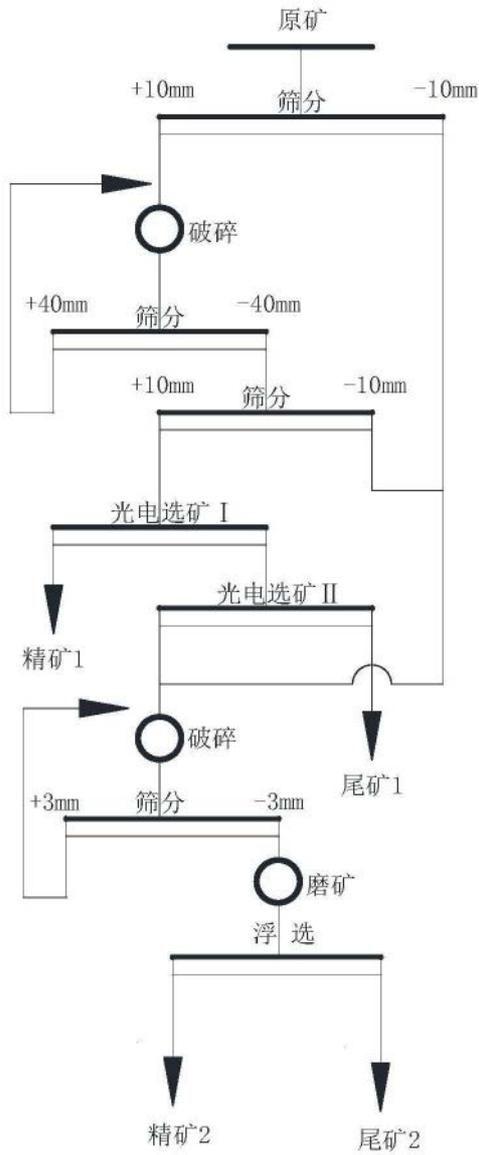


图1